

10/561426

PCT/JP2004/008620

26.07.2004

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

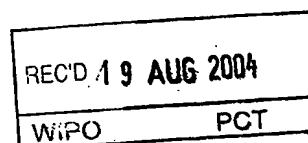
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 7 月 3 1 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 2 8 4 5 6 2
Application Number:
[ST. 10/C] [J P 2 0 0 3 - 2 8 4 5 6 2]

出 願 人 株式会社セルクロス
Applicant(s):

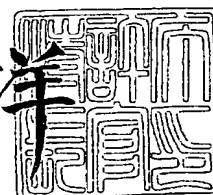


PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2 0 0 4 年 7 月 2 0 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川 洋



出証番号 出証特 2 0 0 4 - 3 0 6 2 4 8 1

【書類名】 特許願
【整理番号】 Z016-0008
【提出日】 平成15年 7月31日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 B25J 19/02
G01L 1/00
H04B 14/00

【発明者】
【住所又は居所】 神奈川県横浜市保土ヶ谷区天王町 1 - 1 7 - 8 ジョリメゾン 3
0 1 号室
【氏名】 湯浅 太刀男

【発明者】
【住所又は居所】 神奈川県川崎市高津区末長 3 2 5 - 2 2 マイキャッスル溝の口
ヴィレッジ 3 0 3
【氏名】 篠田 裕之

【発明者】
【住所又は居所】 東京都立川市富士見町 7 - 1 6 - 1 5
【氏名】 箱崎 光弘

【発明者】
【住所又は居所】 東京都八王子市みなみ野 1 - 1 1 - 4 - 4 1 3
【氏名】 王 欣雨

【発明者】
【住所又は居所】 東京都練馬区桜台 4 - 2 3 - 7
【氏名】 浅村 直也

【特許出願人】
【識別番号】 503054096
【氏名又は名称】 株式会社セルクロス

【代理人】
【識別番号】 100105924
【弁理士】
【氏名又は名称】 森下 賢樹
【電話番号】 03-3461-3687

【手数料の表示】
【予納台帳番号】 091329
【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】
【物件名】 特許請求の範囲 1
【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1

【書類名】特許請求の範囲**【請求項 1】**

信号を伝達するための第 1 信号伝達層および第 2 信号伝達層に電気的に接続した複数の通信素子を備えた通信装置であって、

各通信素子は、他の通信素子からの信号を受信する受信回路と、他の通信素子に信号を送信する送信回路と、受信回路および送信回路の動作を制御する制御回路と、少なくとも受信回路および送信回路を第 1 信号伝達層に接続する第 1 電極と、少なくとも受信回路および送信回路を第 2 信号伝達層に接続する第 2 電極とを備え、第 1 電極と第 2 電極の間の電気量の変化を利用して、他の通信素子との間で通信を行うことを特徴とする通信装置。

【請求項 2】

第 1 信号伝達層は複数のブロックに分割して設けられており、

各通信素子は、2 つ以上のブロックにそれぞれ接続する 2 つ以上の第 1 電極と、2 つ以上の第 1 電極にそれぞれ接続する 2 つ以上の受信回路および送信回路とを備えることを特徴とする請求項 1 に記載の通信装置。

【請求項 3】

受信回路は、基準電気量を保持する電気量保持回路と、第 1 電極と第 2 電極の間の電気量の変化に応じた電気量を出力する出力回路と、電気量保持回路の出力および出力回路の出力をもとに、信号の受信を検出する検出回路とを備えることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の通信装置。

【請求項 4】

電気量保持回路は、ダイオードと容量を用いて構成されることを特徴とする請求項 3 に記載の通信装置。

【請求項 5】

出力回路は、抵抗を用いて構成されることを特徴とする請求項 3 または 4 に記載の通信装置。

【請求項 6】

受信回路は、第 1 電極と第 2 電極の間で第 1 のタイミングにおける電気量を保持する電気量保持手段と、第 1 のタイミングとは異なる第 2 のタイミングにおける第 1 電極と第 2 電極の間の電気量および電気量保持手段に保持された電気量をもとに、信号の受信を検出する検出回路とを備えることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の通信装置。

【請求項 7】

電気量保持手段と第 1 電極または第 2 電極の接続を所定のタイミングでオンオフするスイッチ手段をさらに備えることを特徴とする請求項 6 に記載の通信装置。

【請求項 8】

スイッチ手段はトランジスタを用いて構成されることを特徴とする請求項 7 に記載の通信装置。

【請求項 9】

検出回路は、差動増幅回路を用いて構成されることを特徴とする請求項 3 から 8 のいずれかに記載の通信装置。

【請求項 10】

送信回路は、第 1 電極と第 2 電極の間の電気量を低下させる電気量低下手段を有することを特徴とする請求項 1 から 9 のいずれかに記載の通信装置。

【請求項 11】

送信回路は、制御回路からの信号をもとに電気量低下手段による電気量低下機能をオンオフするスイッチ手段を有することを特徴とする請求項 10 に記載の通信装置。

【請求項 12】

電気量低下手段は、抵抗、ダイオード、トランジスタのいずれか又はそれらの組み合わせにより構成されることを特徴とする請求項 10 または 11 に記載の通信装置。

【書類名】明細書

【発明の名称】通信装置

【技術分野】

【0001】

本発明は電気通信を行うための通信装置、特に2層の信号伝達層を利用して2次元通信を実現する通信装置に関する。

【背景技術】

【0002】

LAN (Local Area Network) やWAN (Wide Area Network) などの通信ネットワークにおいて、複数の通信端末が同軸ケーブルや光ファイバなどにより接続されている。これらの通信端末は、ネットワーク中のアドレスを指定することにより、所望の通信端末に信号を伝達する。従来のネットワークは、通信端末同士を有線にて接続することが一般であり、近年では、これを無線で接続するシステムも提案されている。例えば、移動デバイスであるノードの全てが所定の伝送半径をもち、ノード間で無線通信を行うアドホックネットワークが提案されている (例えば、特許文献1参照)。

【特許文献1】特開2001-268127号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

通信ネットワークや実装基板においては端末や素子などを個別配線により一対一の関係で物理的に接続しているため、仮に配線が切断された場合には信号を伝達することができなくなり、通信機能が停止する事態も生じうる。

【0004】

本発明はこうした状況に鑑みてなされたものであり、その目的は、新規な通信装置に関する技術を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0005】

上記課題を解決するために、本発明の態様は、信号を伝達するための第1信号伝達層および第2信号伝達層に電気的に接続した複数の通信素子を備えた通信装置を提供する。この通信装置において、各通信素子は、他の通信素子からの信号を受信する受信回路と、他の通信素子に信号を送信する送信回路と、受信回路および送信回路の動作を制御する制御回路と、少なくとも受信回路および送信回路を第1信号伝達層に接続する第1電極と、少なくとも受信回路および送信回路を第2信号伝達層に接続する第2電極とを備え、第1電極と第2電極の間の電気量の変化を利用して、他の通信素子との間で通信を行うことを特徴とする。電気量は、例えば電圧量であってもよく、また電流量であってもよい。また第1電極は複数存在してもよく、同様に第2電極も複数存在してもよい。さらに、第1電極は、制御回路を第1信号伝達層に接続してもよく、また第2電極も制御回路を第2信号伝達層に接続してもよい。第1信号伝達層または第2信号伝達層の一方は、電源層から電源電圧を供給される層として構成され、また他方はグラウンド層として構成されてもよい。

【0006】

第1信号伝達層は複数のブロックに分割して設けられており、各通信素子は、2つ以上のブロックにそれぞれ接続する2つ以上の第1電極と、2つ以上の第1電極にそれぞれ接続する2つ以上の受信回路および送信回路とを備えてもよい。

【0007】

受信回路は、基準電気量を保持する電気量保持回路と、第1電極と第2電極の間の電気量の変化に応じた電気量を出力する出力回路と、電気量保持回路の出力および出力回路の出力をもとに、信号の受信を検出する検出回路とを備えてもよい。なお、電気量の変化に応じた電気量とは、変化した電気量そのものであってもよく、また変化した電気量に比例する電気量であってもよい。電気量保持回路は、ダイオードと容量を用いて構成されてもよく、また出力回路は、抵抗を用いて構成されてもよい。

【0008】

受信回路は、第1電極と第2電極の間で第1のタイミングにおける電気量を保持する電気量保持手段と、第1のタイミングとは異なる第2のタイミングにおける第1電極と第2電極の間の電気量および電気量保持手段に保持された電気量をもとに、信号の受信を検出する検出回路とを備えてもよい。またこの受信回路は、電気量保持手段と第1電極または第2電極の接続を所定のタイミングでオンオフするスイッチ手段をさらに備えてもよい。スイッチ手段はトランジスタを用いて構成されてもよい。検出回路は、差動増幅回路を用いて構成されてもよい。

【0009】

送信回路は、第1電極と第2電極の間の電気量を低下させる電気量低下手段を有してもよい。第1電極と第2電極との間の電気量を変化させることで信号を送信することにより、通信素子内部にコンデンサを設けて、そのコンデンサの電荷を用いて信号送信を行う場合と比較すると、信号伝送の高速化を実現することが可能となる。送信回路は、制御回路からの信号をもとに電気量低下手段による電気量低下機能をオンオフするスイッチ手段を有してもよい。また電気量低下手段は、抵抗、ダイオード、トランジスタのいずれか又はそれらの組み合わせにより構成されてもよい。

【0010】

また、本発明の別の態様による通信装置は、第1電極に接続される第1の端子と第2電極に接続される第2の端子とを備え受信・制御信号に接続される受信回路と、前記第1電極に接続される第1の端子と前記第2電極に接続される第2の端子とを備え送信・制御信号に接続される送信回路と、前記第1電極に接続される第1の端子と前記第2電極に接続される第2の端子と前記受信・制御信号に接続される第3の端子と前記送信・制御信号に接続される第4の端子とを備えた制御回路とを備え、前記第1電極と前記第2電極がおのおの電気的に接続された複数の回路同士が前記第1電極と前記第2電極間の信号により相互に通信を行うことを特徴とする二層二次元通信回路であってもよい。

【0011】

更に、本発明の別の態様による通信装置は、第1電極の内の一に接続される第1の端子と第2電極に接続される第2の端子とを備え第1の受信・制御信号に接続される第1の受信回路と、前記第1電極の内の一に接続される第1の端子と前記第2電極に接続される第2の端子とを備え第1の送信・制御信号に接続される第1の送信回路と、第1電極の内に二に接続される第1の端子と第2電極に接続される第2の端子とを備え第2の受信・制御信号に接続される第2の受信回路と、前記第1電極の内に二に接続される第1の端子と前記第2電極に接続される第2の端子とを備え第2の送信・制御信号に接続される第2の送信回路と、前記第1電極の内の一に接続される第1の端子と前記第1電極の内に二に接続される第2の端子と前記第2電極に接続される第3の端子と前記第1の受信・制御信号に接続される第4の端子と前記第1の送信・制御信号に接続される第5の端子と前記第2の受信・制御信号に接続される第6の端子と前記第2の送信・制御信号に接続される第7の端子とを備えた制御回路とを備え、前記第1電極の内の一と前記第1の電極の内の二と前記第2電極がおのおの独立して電気的に接続された複数の回路同士が前記第1電極の内の一と前記第2電極間の信号若しくは前記第1電極の内の二と前記第2電極間の信号により相互に通信を行うことを特徴とする二層二次元通信回路であってもよい。

なお、本発明の表現を装置、方法、システムまたはプログラムの間で変換したものもまた、本発明の態様として有効である。

【発明の効果】

【0012】

本発明の通信装置における通信素子は、受信回路、送信回路、制御回路を備え、通信信号の送信に、通信素子内のコンデンサに蓄えた電荷ではなく、通信素子に外部より常時接続供給されている電源を利用することができる。この電源の例えば電位を変化させることで信号を送信することとすれば、通信素子内のコンデンサを充電するような動作は必要なくなる。更に、その様な充電電荷を蓄積する必要がないため、通信素子内やその外部部品

としての大きな物理的寸法の容量は必要なくなり、小型化や部品点数の削減に寄与する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0013】

図1は、本発明の実施例に係る通信技術の方式を説明するための図である。この通信方式を連鎖伝達型の通信方式と呼ぶ。小さな円で示す複数の通信素子が空間内に分散して配置されている状態が示される。各通信素子は、その周辺に配置された他の通信素子に対して信号を伝達する局所的な通信機能を有する。この局所的な通信により隣り合う通信素子間で信号を順次連鎖的に中継し、最終目的地である通信素子まで信号を伝達する。

【0014】

信号の送信元が通信素子200aであり、最終目的地が通信素子200bである場合、連鎖伝達型通信方式によると、信号が通信素子200aから通信素子200cおよび200dを介して通信素子200bに伝達される。信号の伝達方法としては、例えば通信素子200aが、信号が届く範囲にある周辺の全ての通信素子に信号を伝達し、この信号を受けた全ての通信素子が更に周辺の通信素子に信号を伝達することによって、信号を最終目的地まで同心円状に伝達させてもよい。さらに好ましい方法としては、通信素子200aおよび200b間の経路を予めまたはリアルタイムで設定し、この経路により特定の通信素子のみを介して信号を伝達してもよい。特に後者の方法を採用する場合には、信号伝達に必要な通信素子のみが発信するため、電力消費を少なくすることができ、また他の通信素子の通信に対する干渉を低減することも可能となる。

【0015】

空間内に複数の通信素子が存在し、この空間内には通信素子間を物理的に接続するための個別配線が形成されていないことが好ましい。例えば、これらの通信素子は、平坦な導電層または導電性基板、交流信号を伝達可能な電磁作用伝達層などに接続されてもよく、また無線により信号の送受が行えるように構成されてもよい。信号の送信は、導電層における電荷の放出により実現されてもよく、また光や電磁波を放出することにより実現されてもよい。ここで通信素子は、チップとして構成されるものに限定されず、本発明の実施例において説明する通信機能を備えたものを含む概念であり、その形態および形状は問わない。

【0016】

各通信素子は、信号の伝達可能な距離（以下、「有効通信距離」とも呼ぶ）を比較的短く設定されていることが好ましい。信号の通信距離を長くすることは、それだけ電力消費量を大きくし且つ通信に寄与しない他の通信素子に対して悪影響を及ぼす可能性がある。連鎖伝達型の通信方式によると、自身の近傍に存在する通信素子に信号を伝達できれば十分であるため、有効通信距離は周辺の通信素子までの平均距離に応じて設定されることが好ましい。

【0017】

本発明の通信技術は、様々な用途に応用することができる。例えば、LSIやメモリなどの電子部品（回路素子）に本発明の通信機能をもたせることによって、各電子部品を個別に配線することなく、複数の電子部品を基板実装する技術を提供することが可能である。また、近年、皮膚の感覚を持つロボットの研究が盛んに行われているが、ロボットの触覚センサに本発明の通信機能をもたせ、触覚センサの検知情報をロボットの頭脳コンピュータに送信する技術を提供することも可能である。また建物の床に本発明の通信機能を有するセンサを点在させることにより、一人暮らしの老人の行動を監視したり、留守中の防犯に役立てることも可能である。また、発光素子に本発明の通信機能をもたせることにより、布状の表示装置などを製造することも可能となる。また、タグに本発明の通信機能をもたせることにより、安価で精度のよい情報の読み取りを可能とするタグを作製することも可能となる。さらに無線通信素子に本発明の通信機能をもたせて例えばコンピュータにそれを装備させ、無線通信素子の近傍に相手方のコンピュータの無線通信素子を配置することによって、コンピュータ間の情報の送受信を容易に行うことも可能となる。また自動車の導電性内壁に本発明の通信機能を備えた通信素子を埋め込み、煩わしい個別配線を不

要とした通信装置を実現することも可能となる。

【0018】

この通信技術は、比較的短い距離に配置された通信素子間で信号を伝達するため、距離による信号の減衰および劣化が少なく、高いスループットでノード数によらない高速伝送を可能とする。また空間内に多くの通信素子を分散して配置させることにより、センサなどの所定の機能をもつチップとの情報交換媒体として広範囲の信号伝達領域を実現する。また、通信素子を比較的自由的な位置に配置することができるため、簡易な設計により所望の機能を備えた人工皮膚や表示装置などを生成することも可能である。また配線などの基板回路設計を不要とし、少ないプロセスで基板回路を製造することも可能である。通信素子を導電層で挟持する場合には電磁ノイズ放射がなくなるため、特に病院などの公共性の高い場所においてはその有用性が高い。さらに、導電層などに障害が生じた場合であっても、チップ間の経路を再設定することができ、新たな通信経路を確立することができるという自己修復機能もあわせ持つ。

【0019】

図2は、本発明の第1の実施例にかかる通信装置100の外観構成を示す図である。この通信装置100においては、複数の通信素子200が2枚の導電層16および18によって挟持されている。各通信素子200は、この2枚の導電層16および18に電気的に接続される。導電層16および18は、単層構造を有していても、また多層構造を有していてもよく、この例では二次元的に一面に広がった構成を有している。なお、導電層16および18は、全体の構造として絶縁体でなければよく、ある程度のシート抵抗を有する層を含んでもよく、また高い抵抗を有する層を含んでもよい。なお、導電層16および18は、絶縁体を含んで構成されてもよい。また、導電層16および導電層18の構造は、同一でなくてもよく、例えば一方が良導層であるグランド層として存在し、他方がある程度の抵抗を有する信号伝達層として存在してもよい。また、多層構造を有する場合には、複数の層の抵抗値はそれぞれ異なって構成されてもよい。図2は、通信素子200が挟持されていることを説明するために、導電層16と導電層18とが開いた状態を示す。

【0020】

例えば、本発明による通信装置100をロボットの表面を覆う人工皮膚として応用する場合、導電層16および18を導電性のゴム材料により形成する。可撓性のあるゴム材料で人工皮膚を形成することにより、この人工皮膚はロボットの動作に合わせて自在に伸縮することが可能となる。また、個別配線が存在せず、伸縮性のある導電層16および18を介して信号を伝達するため、断線などにより通信機能に障害が生じる可能性を低減し、安定した通信能力を提供することも可能となる。また、本発明による通信装置100を回路基板として応用する場合、導電層16および18を導電性のゴム材料で形成することによって、フレキシブルな回路基板を実現することも可能となる。なお、前記したように、導電層16または18が多層構造を有する場合には、各層が導電性のゴム材料で構成されることが好ましい。

【0021】

各通信素子200は通信機能以外に、さらに他の機能を有していてもよい。通信装置100をロボットの人工皮膚として応用する場合には、通信素子200のいくつかが触覚センサとしての機能も有し、外部から受けた刺激を検出した後、他の通信素子と協同して検出した信号を目的の通信素子まで伝達する。また通信装置100を基板の実装技術として応用する場合には、通信素子200が、例えばLSIやメモリなどの回路素子としての機能を有してもよい。このように、本明細書において「通信装置」は少なくとも通信機能を有する装置の意味で用い、これに付加した他の機能、例えば人工皮膚としてのセンサ機能や電子回路としての演算機能などを有してもよいことは、当業者に理解されるところである。

【0022】

図3は、通信素子200の機能ブロック図である。通信素子200は、通信部50、処理部60およびメモリ70を備える。通信部50は、導電層16および18（図2参照）

を介して、他の通信素子との間で信号の送受を行う。処理部 60 は、通信素子 200 の通信機能を制御する。具体的に処理部 60 は、周囲の信号の監視、受信信号の解析や、送信信号の生成および送信タイミングの制御など、他の通信素子 200 との間の信号伝達に関する行為を行う。また処理部 60 は、センサ機能や演算機能など通信機能以外の他の機能を実現してもよい。メモリ 70 は、通信機能や他の機能を実現するために必要な情報を予め記録し、また必要に応じて記録していく。

【0023】

図 4 は、通信装置 100 の断面を示し、局所的通信を実現する通信デバイスの構造の一例を説明するための図である。本明細書において「通信デバイス」は、局所的な通信機能を実現する構造の意味で用いる。

【0024】

この例において通信デバイスは、第 1 信号伝達層 20 および第 2 信号伝達層 30 と、これらの層に電気的に接続する通信素子 200 を備える。第 1 信号伝達層 20 および第 2 信号伝達層 30 は、図 2 における導電層 16 および導電層 18 に対応し、それぞれ信号を伝達する役割を担う。第 1 信号伝達層 20 および第 2 信号伝達層 30 は絶縁されており、第 2 信号伝達層 30 は接地されたグランド層であってもよい。この通信デバイスにおいて、有効通信距離は第 1 信号伝達層 20 または第 2 信号伝達層 30 の抵抗と、第 1 信号伝達層 20 および第 2 信号伝達層 30 の間の容量に基づいて定められ、第 1 信号伝達層 20 または第 2 信号伝達層 30 に電荷を放出することにより信号を発信する。各通信素子はコンデンサを有しており、放出された電荷は有効通信距離内に配置されている周辺の通信素子のコンデンサに蓄積されてもよい。この場合、周辺の通信素子は、その電圧変化により信号を認識することができる。このように図 4 に示した通信デバイスはコンデンサを駆動するように振る舞うことから、この通信デバイスを「電荷蓄積型」の通信デバイスと呼んでもよい。なおこの呼び名は、説明の便宜上、後述する「電流拡散型」の通信デバイスと区別するために名付けたものであって、図 4 に示した通信デバイスの特性および構成が、この呼び名の意味により限定されるものではない。

【0025】

図 5 は、電荷蓄積型の通信デバイスが信号を発信する原理を説明するための図である。図 5 (a) は、駆動用コンデンサ 34 b を充電する通信素子 200 の状態を示す。主コンデンサ 34 a は、通信素子 200 全体を駆動するために必要な電荷を蓄積し、駆動用コンデンサ 34 b は、通信層 36 を駆動するために必要な電荷を蓄積する。通信層 36 は、第 1 信号伝達層 20 および第 2 信号伝達層 30 (図 4 参照) を模式的に表したものである。駆動用コンデンサ 34 b の充電時には、スイッチ 32 a を開き、スイッチ 32 b を閉じる。なお、各スイッチ 32 a および 32 b は、処理部 60 (図 3 参照) により所定のタイミングで開閉される。これらのスイッチ 32 a および 32 b は、MOS スイッチなどにより構成されてもよい。なおスイッチ開閉により容量に蓄積された電荷を通信層 36 に放出する本方式により、後述の電流拡散型の通信デバイスにおける通信素子を駆動することも可能である。

【0026】

図 5 (b) は、駆動用コンデンサ 34 b を放電する通信素子 200 の状態を示す。駆動用コンデンサ 34 b の放電時には、スイッチ 32 a を閉じ、スイッチ 32 b を開く。この通信デバイスは、駆動用コンデンサ 34 b の電荷を通信層 36 に放電することによって信号を発信する。1 ビットの送信ごとに、主コンデンサ 34 a から駆動用コンデンサ 34 b に電荷を移動し、駆動用コンデンサ 34 b の電荷を通信層 36 に放電することによって、連続した通信を実現することが可能となる。

【0027】

図 6 は、図 4 および図 5 に示す通信装置 100 における通信原理を説明するための図である。図 6 のようにシート抵抗 ρ [Ω] の第 1 信号伝達層 20 (正方形シートを切り出したときの向かい合う辺間の抵抗が ρ [Ω] であるような材料と厚みでできた層)、誘電率 ϵ の絶縁層 25、良導層である第 2 信号伝達層 30 の 3 層からなる構造を考える。絶縁層 25

は、通信素子 200 間の第 1 信号伝達層 20 および第 2 信号伝達層 30 の間に介在する。今、通信層 36 に電源が接続され第 1 信号伝達層 20 に電流密度 $I(x, y)$ が生じたと仮定する。まず簡単のため、図に垂直な方向では電流は一様であり、図に垂直な方向の層の幅は 1 であるような 1 次元問題を考える。位置 x において層の断面を横切る電流を $I(x, t)$ とすれば、(このとき良導体である第 2 信号伝達層 30 には $-I(x, t)$ が発生している) 微小領域 $[x, x+dx]$ から単位時間に流出する電荷は、

【数 1】

$$-\frac{\partial q(x, t)}{\partial t} dx = I(x+dx, t) - I(x, t) = \frac{\partial I(x, t)}{\partial x} dx \quad \dots (1)$$

を満たす。ここで $q(x, t)$ は単位面積あたりの蓄積電荷量である。

【0028】

また、位置 x における第 1 信号伝達層 20 の (第 2 信号伝達層 30 に対する) 電位 $V(x, t)$ は、第 1 信号伝達層 20 の厚みが十分小さければ

【数 2】

$$V = \frac{q}{C} \quad \dots (2)$$

を満たす。 $C = \epsilon/d$ は、第 1 信号伝達層 20 と第 2 信号伝達層 30 の間の容量の単位面積あたりの値である。なお d は、第 1 信号伝達層 20 と第 2 信号伝達層 30 の間隔である。

【0029】

また第 1 信号伝達層 20 の厚みが十分小さく、電流の上下方向分布は一様と仮定できる場合、以下のオーム則

【数 3】

$$\rho I(x, t) = -\frac{\partial}{\partial x} V(x, t) \quad \dots (3)$$

が成り立つ。

上の (1), (2) および (3) から、 I および q を消去すると以下の拡散方程式

【数 4】

$$C \frac{\partial}{\partial t} V = \frac{1}{\rho} \frac{\partial^2}{\partial x^2} V \quad \dots (4)$$

を得る。(4) 式の一般解は

【数 5】

$$V(x, t) = A \exp(\pm \sqrt{j\omega\rho C} x + j\omega t) + B \quad \dots (5)$$

と与えられる。ここで

【数 6】

$$\sqrt{j\omega\rho C} \equiv \frac{1+j}{\sqrt{2}} \sqrt{\omega\rho C}$$

である。

【0030】

例えば $x=0$ に電圧源を接続し、強制的に $V(0, t) = V_0 \exp(j\omega t)$ なる交流電圧を与えると、遠方で発散しない解を組み合わせた以下の関数が電圧分布を与える。

【数 7】

$$V(x,t) = \begin{cases} V_0 \exp\{(1+j)\sqrt{\omega\rho C/2}x\} \exp(j\omega t) & x < 0 \\ V_0 \exp\{-(1+j)\sqrt{\omega\rho C/2}x\} \exp(j\omega t) & x > 0 \end{cases} \dots (6)$$

この式より、電圧印加点から一定の距離（拡散距離）

【数 8】

$$D = \sqrt{\frac{1}{\rho C \omega}}$$

程度以内においては有意に電圧が追従し、それより離れたところでの電圧振幅は指数関数的に減少する。このように通信デバイスの有効通信距離は、通信層 36 の抵抗および容量に基づいて定められる。そのため、通信層 36 の抵抗および容量を適宜設定することにより、所望の有効通信距離を実現することが可能となる。

【0031】

連鎖伝達型の通信方式においては、近傍の通信素子 200 との間で信号の送受を行うことができればよい。ため、有効通信距離を可能な限り短く設定することが好ましい。例えば通信装置 100 内において、通信素子 200 間の距離が 10 cm 以内となるような密度で複数の通信素子 200 が配置されている場合には、有効通信距離が 10 cm 程度となるように通信層 36 の抵抗および容量を設定することが好ましい。有効通信距離を短く設定することによって、他の通信素子 200 への干渉や無用な電力消費を低減することが可能となる。式(6)は D を用いると、

【数 9】

$$V = V_0 \exp\left(-\frac{1+i}{\sqrt{2}} \cdot \frac{|x|}{D}\right) \exp(j\omega t)$$

として表現される。

【0032】

図 7 は、 V/V_0 の実部を縦軸、 x/D を横軸とするグラフであって、電荷蓄積型の通信デバイスにおける電圧と通信距離の関係を示す図である。原点から離れるにつれ、電圧の振幅は指数関数的に減少するため、有効通信距離 D を大きく越える距離への影響は無視できることが分かる。したがって、この有効通信距離 D を通信素子 200 の密度に応じて好適に設定することにより、効率よい通信を実現することが可能となる。

【0033】

図 8 は、通信装置 100 の断面を示し、局所的な通信を実現する通信デバイスの構造の別の例について説明するための図である。この通信デバイスは、スイッチング動作によって通信素子 200 を導通させ、その電圧降下によって信号を発信することから、この通信デバイスを「電流拡散型」の通信デバイスと呼んでもよい。なおこの呼び名は、説明の便宜上、前述した「電荷蓄積型」の通信デバイスと区別するために名付けたものであって、図 8 に示す通信デバイスの特性および構成が、この呼び名の意味により限定されるものではない。

【0034】

図 8 (a) は、電流拡散型の通信デバイスの構造の一例を示す図である。この通信デバイスは、第 1 信号伝達層 20 および第 2 信号伝達層 30 と、これらの層に電氣的に接続する通信素子 200 を備える。第 2 信号伝達層 30 は良導体として構成され、グランド層であってもよい。第 1 信号伝達層 20 および第 2 信号伝達層 30 は、これらの層よりも高い抵抗値を有する高抵抗層 40 によって導通される。具体的には、通信素子 200 の周囲に

高抵抗層 40 が設けられ、この通信素子 200 および高抵抗層 40 とが第 1 信号伝達層 20 および第 2 信号伝達層 30 に挟持される。高抵抗層 40 の抵抗値を第 1 信号伝達層 20 および第 2 信号伝達層 30 の抵抗値に対して適切に設定し、または通信素子 200 の 2 つの電極間を素子内部において適切な抵抗値で常時導通させることにより、通信素子 200 内で第 1 信号伝達層 20 および第 2 信号伝達層 30 をスイッチング動作により導通させた場合に、発信した信号が遠くまで広がらず、有効通信距離を近傍の通信素子までの短い距離に設定することができる。

【0035】

図 8 (b) は、電流拡散型の通信デバイスの構造の別の例を示す図である。この通信デバイスは、第 1 信号伝達層 20 および第 2 信号伝達層 30 と、これらの層に電気的に接続する通信素子 200 を備える。第 2 信号伝達層 30 はグランド層であってもよい。第 1 信号伝達層 20 および第 2 信号伝達層 30 は絶縁されており、第 1 信号伝達層 20 には、第 1 信号伝達層 20 よりも高い抵抗値を有する高抵抗層 42 が電気的に接続され、この高抵抗層 42 には、通信素子 200 に電力を供給する電源層 44 が電気的に接続されている。電源層 44 および第 2 信号伝達層 30 は、抵抗の低い良導体により構成される。第 1 信号伝達層 20 は、高抵抗層 42 よりも低く、電源層 44 および第 2 信号伝達層 30 よりも高い抵抗値を有するのが好ましい。図示のとおり、第 1 信号伝達層 20 上には、高抵抗層 42 および電源層 44 とがこの順に積層されている。第 1 信号伝達層 20 および第 2 信号伝達層 30 が絶縁されることにより、これらの層間において電流が定常的に流れる状態を回避することができる。第 2 信号伝達層 30 と電源層 44 は、その抵抗値が非常に小さくなるように形成される。

【0036】

第 1 信号伝達層 20 の抵抗は、有効通信距離に基づいて設定される。すなわち第 1 信号伝達層 20 の抵抗を高抵抗層 42 との関係において適切に定めることによって、電流の拡散範囲を設定することが可能となる。なお単位面積あたりで、高抵抗層 42 の縦方向インピーダンスが、第 1 信号伝達層 20 と第 2 信号伝達層 30 および電源層 44 との間の静電容量によるインピーダンス Z よりも大きい場合には、拡散距離は第 1 信号伝達層 20 の抵抗とインピーダンス Z によって決まる。

【0037】

図 9 は、図 8 (b) に示した 5 層構造の通信装置 100 の構成を示す。電源層 44 および第 2 信号伝達層 30 は良導体で構成され、第 1 信号伝達層 20 は、良導体と高抵抗層 42 の間の中抵抗値で構成されている。また、第 1 信号伝達層 20 および第 2 信号伝達層 30 の間において、通信素子 200 同士の間には、絶縁層 25 が存在している。この 5 層構造によって第 1 信号伝達層 20 と第 2 信号伝達層 30 に接続された通信素子 200 に電力を供給する。高抵抗層 42 の体積抵抗率は η [Ωm]、高抵抗層 42 の厚さを d [m] とし、第 1 信号伝達層 20 の電位を $V(x)$ 、電源層 44 の電位を一定値 V_E とすると、第 1 信号伝達層 20 から電源層 44 に向かって電流密度

【数 10】

$$w(x) = (V(x) - V_E) / (\eta d) \quad \cdots (7)$$

なる電流が生じる。

したがって、(1) 式は

【数 11】

$$-\frac{\partial q(x,t)}{\partial t} dx - w(x,t) dx = I(x+dx,t) - I(x,t) = \frac{\partial I(x,t)}{\partial x} dx \quad \cdots (8)$$

のように変更される。第 1 信号伝達層 20 と電源層 44 および第 2 信号伝達層 30 との間の容量、すなわち第 1 信号伝達層 20 と電源層 44 の間の容量と第 1 信号伝達層 20 と第 2 信号伝達層 30 の間の容量の和をあらためて C と書くと (2) 式および (3) 式はそのまま成立する。

【0038】

$V(x, t)$ が時間的に変動する成分 (交流成分) のみを表すとすると、(4) 式は

【数 12】

$$C \frac{\partial}{\partial t} V + \frac{1}{\eta d} V = \frac{1}{\rho} \frac{\partial^2}{\partial x^2} V \quad \dots (9)$$

となる。

2次元問題においては電流密度ベクトル $I(x, y, t)$ に対し、(1) 式が

【数 13】

$$-\frac{\partial q(x, y, t)}{\partial t} - w(x, y, t) = \text{div } I(x, y, t) \equiv \frac{\partial I_x(x, t)}{\partial x} + \frac{\partial I_y(x, t)}{\partial y} \quad \dots (10)$$

のように変更され、第 1 信号伝達層 20 の電圧の交流成分 $V(x, y, t)$ に関する方程式

【数 14】

$$C \frac{\partial}{\partial t} V + \frac{1}{\eta d} V = \left(j\omega C + \frac{1}{\eta d} \right) V = \frac{1}{\rho} \Delta V \quad \left(\Delta V \equiv \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right) V \right)$$

が得られる。この解は、1次元問題において求めた解に含まれる変数 ωC を

【数 15】

$$\omega C \rightarrow \omega C + \frac{1}{j\eta d}$$

のように置き換えることで得られる。いま、変位電流よりも高抵抗層 42 を垂直方向に流れる電流の方が支配的、すなわち

【数 16】

$$\omega C \ll \frac{1}{\eta d} \quad (\text{電流拡散条件})$$

の場合には、1次元問題の解は

【数 17】

$$V(x, t) = \begin{cases} V_0 \exp\{\sqrt{\rho/\eta d} x\} \exp(j\omega t) & x < 0 \\ V_0 \exp\{-\sqrt{\rho/\eta d} x\} \exp(j\omega t) & x > 0 \end{cases} \quad \dots (11)$$

と書かれる。したがって、有効伝達距離

【数 18】

$$D = \sqrt{\frac{\eta d}{\rho}}$$

に対し、

【数 19】

$$V(x, t) = V_0 \exp\left(-\frac{|x|}{D}\right) \exp(j\omega t)$$

が成立する。例えば第1信号伝達層20の抵抗を適宜設定することにより、所望の有効通信距離を得ることが可能となる。

【0039】

図8(c)は、電流拡散型の通信デバイスの構造の別の例を示す図である。この通信デバイスは、第1信号伝達層20および第2信号伝達層30と、これらの層に電気的に接続する通信素子200を備える。第1信号伝達層20および第2信号伝達層30は絶縁されており、第1信号伝達層20には、第1信号伝達層20よりも高い抵抗値を有する高抵抗層42が電気的に接続され、この高抵抗層42には、通信素子200に電力を供給する電源層44が電気的に接続されている。同様に、第2信号伝達層30には、第2信号伝達層30よりも高い抵抗値を有する高抵抗層46が電気的に接続され、この高抵抗層46には、通信素子200に電力を供給する電源層48が電気的に接続されている。図示のとおり、第1信号伝達層20の上面に、高抵抗層42および電源層44とがこの順に積層されており、第2信号伝達層30の下面に、高抵抗層46および電源層48とがこの順に積層されている。図8(b)に示した通信デバイスは、通信素子200の片面のみに積層構造を形成していたが、図8(c)のように、通信素子200の両面に上下対称な積層構造を形成してもよい。各層の構成および特性については、図8(b)に関連して説明したとおりである。

【0040】

図10は、電流拡散型の通信デバイスが信号を発信する原理を説明するための図である。主コンデンサ34は、通信素子200全体を駆動するために必要な電荷を蓄積する。通信層36は、第1信号伝達層20および第2信号伝達層30(図8参照)を模式的に表したものである。この通信素子200は、MOSスイッチなどにより構成されるスイッチ32のスイッチング動作により電極間インピーダンスを変化させ、信号を発信する。なおスイッチ32は処理部60(図3参照)により所定のタイミングで開閉される。なおこの方式で、電荷蓄積型の通信デバイスの通信素子200を駆動することも可能である。

【0041】

スイッチ32を閉じると、第1信号伝達層20および第2信号伝達層30とが短絡する。その結果、第1信号伝達層20と第2信号伝達層30の間に電圧降下が生じ、近傍の通信素子はその影響を受け、この電圧降下を信号として認識する。前述のとおり、連鎖伝達型の通信方式においては、この電圧降下の影響は、近傍の通信素子に伝達されればよく、遠くに位置する通信素子にまで伝達される必要はない。有効通信距離を近傍に位置する他の通信素子の距離程度に設定することにより、電力消費を少なくすることができ、また他の通信素子との干渉を低減することも可能となる。

【0042】

次に、通信素子200に電力を供給する方法について説明する。その一つの方法として、図8(b)に示すように、通信デバイスを多層構造に形成することにより、電源層44から電力を通信素子200に供給することが可能である。通信素子200と電源層44との間に高抵抗層42を介在させることにより、電荷が低抵抗である電源層44全面に供給される。そのため通信装置100全体に分布している通信素子200のコンデンサを安定して充電することができる。

【0043】

図11は、図8(b)に示す通信装置100の概略構造を三次元的に示す。第1信号伝達層20、高抵抗層42および電源層44が、図2における導電層16に対応し、第2信号伝達層30が導電層18に対応する。各通信素子200は、第1電極201により第1信号伝達層20に接続され、また第2電極202により第2信号伝達層30に接続される。電源203は、電源層44と第2信号伝達層30に接続されている。電源203は、通信素子200を含むシステム全体のエネルギー源である。なお電源203は、ここで示す二層通信媒体への外部からの入力信号を兼ねても良い。図11は簡単のために横方向のみに通信素子200が配置された構造を示しているが、図の奥行き方向にも通信素子200を配置して、通信素子200が2次的に配置された構造をとることが好ましい。電源層

44は動作エネルギー損失や通信信号損失を低減させるため電気抵抗が少ないことが望ましい。おのおのの通信素子200は外部からの入力信号若しくは他の通信素子200から送信される信号を受信し、更にそれをそのまま、あるいは通信素子200内部で信号処理をして別の通信素子200へ送信する。これを繰り返してある地点から別の地点への電気通信を実現できる。

【0044】

既述のごとく、図5に示した構造においては、時間的に以下の動作を行うことで、通信を実現する。

時間=t1:外部電源より通信デバイスの主コンデンサ34aにエネルギー源としての電荷を充電する。

時間=t2:主コンデンサ34aから駆動用コンデンサ34bへ電荷の一部を充電する。

時間=t3:駆動用コンデンサ34bから通信層36へ電荷の一部を充電し、電位差を変化させて通信信号とする。

以後、適宜1ビットの通信毎にt2とt3の過程を繰り返す。

時間=t_x:主コンデンサ34aに充電されている電荷が少なくなればt1の充電動作へ戻る。

【0045】

また、図10に示した構造においては、時間的に以下の動作を行うことで、通信を実現する。

時間=t1:外部電源より通信デバイスの主コンデンサ34にエネルギー源としての電荷を充電する。

時間=t2:通信層36をスイッチ32により短絡し、電位差を変化させて通信信号とする。

時間=t3:スイッチ32を開放して通信層36へ主コンデンサ34から電荷の一部を充電する。

以後、適宜1ビットの通信毎にt2とt3の過程を繰り返す。

時間=t_x:主コンデンサ34に充電されている電荷が少なくなればt1の充電動作へ戻る。

【0046】

通信デバイス内の主コンデンサ34または34aに蓄えられた電荷を用いて通信を行うためには、主コンデンサ34または34aの容量に限度があるため、数ビット、或いは1ビットの通信毎に外部電源より電荷を充電する必要がある。しかしながら、これは通信そのものとは無関係な動作であり、通信速度の高速化の障害ともなりうる。また、通信デバイスの小型化や部品点数の削減が容易でないという側面もある。通信デバイス内の主コンデンサ34または34aの容量を大きくすれば、外部電源からの一度の充電により通信が可能なビット数が増加することになるが、コンデンサにおける容量値はコンデンサの物理的な大きさと直接比例関係にある。通信デバイスとして主コンデンサ34または34aを含めて全ての部品をLSIチップに搭載する場合、LSIチップに搭載可能な容量は実用的には例えば数百pF程度である。LSIチップにおいては面積がそのまま歩留まりや製造コストに直結するため、チップ面積そのものが出来るだけ小さい方が望ましい。一方で、この値は通信層36の容量と比較して十分な大きさではない。或いは、主コンデンサ34または34aを個別部品の容量として例えば、チップ部品として構成する場合、数十μF程度の容量を取ることが可能であるが、通信デバイス全体の実装の小型化が困難になり、或いは部品点数の削減が困難になる。以下の実施例では、このような問題を解決する好適な通信装置100を提供する。

【0047】

図12は、通信素子200の内部構成を示す。通信素子200は、他の通信素子からの信号を受信する受信回路241、他の通信素子に信号を送信する送信回路243、受信回路241および送信回路243の動作を制御する制御回路242とを備える。第1電極201は、少なくとも受信回路241および送信回路243を第1信号伝達層20に接続し

、この例では、さらに制御回路 242 も第 1 信号伝達層 20 に接続している。同様に第 2 電極 202 は、少なくとも受信回路 241 および送信回路 243 を第 2 信号伝達層 30 に接続し、この例ではさらに制御回路 242 も第 2 信号伝達層 30 に接続している。受信回路 241 と送信回路 243 は、制御回路 242 にも接続されている。これらの回路間および回路と電極間は、端子により接続されていてもよい。第 1 電極 201 と第 2 電極 202 は、受信回路 241、制御回路 242 および送信回路 243 へのエネルギー源としての電源供給と、通信信号の受信経路や送信経路を兼ねている。制御回路 242 は、受信回路 241 および送信回路 243 からそれぞれ信号を受信、送信し、或いは回路動作の制御を行っている。図 3 を参照すると、制御回路 242 は処理部 60 およびメモリ 70 に対応し、受信回路 241 および送信回路 243 は通信部 50 に対応する。

【0048】

通信素子 200 はトランジスタを用いて等価的な構成を実現することができる。更に、電子回路を LSI チップで構成することが好ましく、特に現在では CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) FET (Field Effect Transistor) 構造として構成することが、小型化、低製造コスト、短納期、デジタル回路の実施容易性、低電源電流等の点で望ましい。

【0049】

図 13 は、受信回路 241 の構成の一例を示す。受信回路 241 は、電圧保持回路 301、信号変換回路 302、検出回路 303 を備える。本実施例では、電圧保持回路 301 は、比較用の基準電気量を保持し、ダイオード 304 と容量 305 から構成されている。容量 305 は第 1 電極 201 の電位 E_0 からダイオード 304 の順方向降下電圧分だけ低い電位に充電される。ダイオード 304 は、容量 305 に充電された電荷の放電を妨げ、保持出力 306 (E_r) はほぼその最大値を保つ。信号変換回路 302 は、第 1 電極 201 と第 2 電極 202 の間の電気量の変化に応じた電気量を出力する出力回路として機能し、ここでは電極間の電圧を所定比で分圧して出力している。信号変換出力 309 (E_d) は、第 1 電極 201 の電位 E_0 を抵抗 307 と抵抗 308 により分圧された電位となる。本実施例では、

$$E_d = E_0 \times R_2 / (R_1 + R_2)$$

となる。検出回路 303 は、電圧保持回路 301 の保持出力 306 と、信号変換回路 302 の信号変換出力 309 をもとに、信号の受信を検出し、受信信号 344 を制御回路 242 に出力する。検出回路 303 は差動入力のコmpareータ回路 310 で構成される。コンパレータ回路 310 のプラス入力保持出力 306 へ、マイナス入力が信号変換出力 309 へそれぞれ接続されている。コンパレータ回路 310 の電源は第 1 電極 201 と第 2 電極 202 から得ている。コンパレータ回路 310 は、特別のものでなくてよく一般に発表されている回路や市販品の回路と同等のものを用いることができる。

【0050】

定常状態、つまり無信号状態では、

$$E_0 = V_{DD} \text{ (電源電圧)}$$

であり、

$$E_d > E_r$$

となるように、ダイオード 304、抵抗 307 および 308 を構成する。この時の受信信号 344 は L 値が出力される。次に、隣接する通信素子から発信された信号が到来し、 E_0 が低下した場合を考える。なお本実施例では、信号は、電圧降下を検出することで認識される。このとき、保持出力 306 (E_r) はダイオード 304 の存在によりほぼその最大値が保たれるが、信号変換出力 309 (E_d) は E_0 と比例して低下する。このとき、信号の減衰等を考慮して、システム全体は、

$$E_d < E_r$$

となるように設計されているものとする。すると、この時の受信信号 344 は H 値が出力される。そして、 E_0 の電位が元の定常状態に戻れば受信信号 344 も再び L 値に戻る。

【0051】

図14(a)は、各電位の関係を示し、図14(b)は、対応する受信信号344の変化を示す。図14(a)に示すように、無信号状態では E_d が E_r よりも高く、信号を受信したときには、 E_0 の電圧降下に伴い E_d が E_r よりも低くなり、したがって、図14(b)に示すように時間 t_1 で受信信号344の論理値が反転しはじめることになる。また、無信号状態になったときには、 E_d が E_r よりも高くなり、時間 t_2 から受信信号344の論理値が元に戻るようになる。これにより、受信回路241は、電圧降下を、隣接する通信素子200から送信されてきた信号として検出することが可能となる。

【0052】

図15は、受信回路241の構成の別の例を示す。この例における受信回路241は、スイッチ手段321、容量322、検出回路としてのコンパレータ回路324を備える。図13に示した受信回路241は、タイミング設定やタイミング抽出を伴わない非同期方式の通信プロトコルでも使用可能であるが、図15に示す受信回路241は、同期通信方式の通信プロトコルに好適な同期クロックを必要とする一方で、構成をシンプルにすることができる。容量322は、電圧保持手段として機能する。制御信号343(CK)がH値の時にスイッチ手段321が閉じて容量322が第1電極201の電位 E_0 に充電される。制御信号343(CK)がL値の時にはスイッチ手段321が開き、その直前の電位EHを保持する。スイッチ手段321は制御信号343に応じて、容量322と第1電極201との接続を所定のタイミングでオンオフするトランジスタとして構成されてもよい。したがって容量322は、制御信号343がH値からL値へ立下るタイミングにおける電氣量を保持する。コンパレータ回路324のプラス入力保持出力323(EH)へ、マイナス入力が第1電極201へそれぞれ接続されている。このコンパレータ回路324は負のオフセット電圧を持たせた設計とし、定常状態、つまり無信号状態の

$$EH = E_0$$

においてはL値を受信信号344(VR)として出力する構成とする。次に、信号が到来し、 E_0 が低下した場合を考える。保持出力323(EH)は E_0 が低下する前の値、つまりほぼVDDの値を保持しているならば、

$$EH > E_0$$

となる。ここで、コンパレータ回路324のオフセット電圧 E_{of} が

$$|E_{of}| < EH - E_0$$

となるような設計とすることで、受信信号344(VR)は反転してH値となる。受信信号344(VR)は、制御信号343(CK)に同期してその値が取得される。図15に示す例では受信信号344(VR)も制御信号343(CK)も何れも制御回路242との間で入出力される。

【0053】

図16(a)は、制御信号343を示し、図16(b)は、保持出力323(EH)と E_0 の関係を示す。ここでは、 E_0 を実線で示し、EHを点線で示している。なお、時間方向に点線が記されていない領域は、 E_0 とEHとが重なっている状態を示す。図16(c)は、受信信号344を示す。図16では、時間 t_3 において隣接通信素子からの信号が到達し、 E_0 が低下した状態を示している。このとき、時間 t_3 でスイッチ手段321は開き、EHは、 E_0 の低下前の値(VDD)を保持している。そのため $EH > E_0$ の関係が成立することから、受信信号344がL値からH値となる。続いて、時間 t_4 で制御信号343がH値となり、スイッチ手段321が閉じると、容量322が E_0 の値に近づき、時間 t_5 になる前に $EH = E_0$ となることで、受信信号344がH値からL値となる。このように、コンパレータ回路324は、スイッチ手段321を開いたタイミングにおける第1電極201および第2電極202間の電氣量と、その後のタイミングにおける電極間の電氣量をもとに、信号の受信を検出する。これにより、受信回路241は、電圧降下を、隣接する通信素子200から送信されてきた信号として検出することが可能となる。

【0054】

図17は、送信回路243の構成例を示す。この実施例では、送信回路243はスイッ

チ手段と電圧降下手段から構成される。この例ではスイッチ手段としてNチャネル型MOSFET 331を示すが、他のスイッチ手段を用いてもよい。Nチャネル型MOSFET 331のゲートには、制御回路242から送信信号345 (Es) が印加される。送信信号345 (Es) がL値の時にはスイッチ手段は開いた状態となり、H値の場合に閉じた状態となる。定常状態、つまり無信号状態では、スイッチ手段が開かれる。このとき、

$$V_s = V_{DD}$$

となる。なお、 V_s はE0と等価である。送信回路243が信号を出力する場合は、スイッチ手段を閉じる。すると、第1電極201の電位 V_s が低下し、第1信号伝達層20の電位も同様に低下する。 V_s の電位の下限には特に制限がないが、余りにも電位を低下させると通信信号に要する電荷エネルギー量が大きくなり、また電位の降下・上昇に必要な過渡応答時間が増加するため、隣接する通信素子200における受信回路241が信号を検出可能な最小限の振幅変化に留めることが望ましい。本実施例では V_s の電位の下限を E_p としてある。この E_p の値は電圧降下手段によって作られる。電圧降下手段は幾通りもの実施例が考えられる。図8(a)は抵抗332を用いた例である。Nチャネル型MOSFET 331がオンとなった場合のドレイン電流を I_d 、抵抗332の抵抗値を R とすると、

$$E_p = I_d \times R$$

となる。図17(b)はダイオード333を用いた例である。この場合、 E_p はダイオードの順方向降下電圧となる。図17(c)はPN接合ダイオードに類似した動作をなすいわゆるMOSダイオードと呼ばれる回路接続の手段を用いた例である。図17(c)の例ではNチャネル型MOSFET 334を用いている。ダイオード333、MOSFET 334は、 E_p の値の必要性に応じて複数個を直列接続して用いてもよい。

【0055】

通信素子200の制御回路242は、通信装置100で要求される仕様に基づき、送信プロトコルや受信プロトコルを具体的に実現するデジタル回路から構成されることが好ましい。制御回路242は、例えば、デジタル回路設計用の高級機能記述言語であるVeliilog等を用いて送受信プロトコルの仕様から自動設計されたもので構成可能である。

【0056】

図18(a)は、制御回路242から供給される送信信号345 (Es) を示し、図18(b)は、第1電極201の電位 V_s を示す。時間 t_1 で送信信号345がL値からH値になると、電位 V_s は降下し、また時間 t_2 で送信信号がH値からL値になると、電位 V_s が V_{DD} まで上昇する。電位 V_s の降下は、隣接する通信素子200において送信信号として検出され、したがって、通信素子間での信号伝達を実現することが可能となる。

【0057】

図19は、通信装置100の別の実施例を示す。導電層16は、電源層44と高抵抗層42が交互に接続された構成を有する。この場合、電源層44は第1信号伝達層としても機能する。通信素子200は2つの第1電極201aおよび201bを有し、それぞれが異なる電源層44に接続されている。第1電極201aおよび第1電極201bは電気的動作が等価である。図19は図示の簡単のために図の横方向のみに通信素子200が配置された構造を示しているが、図の奥行き方向にも通信素子200を配置して、二次元的な通信装置100を形成することが好ましい。例えば、電源層44が複数のブロックに分割して格子状に設けられる場合には、通信素子200は、4つの電源層44と接続するように、4つの第1電極201を備えてもよい。図19は電気的な接続を例示したものであり、通信素子200は、高抵抗層42の内部に埋め込むように配置されてもよい。おのおの通信素子200は同一の電源層44に接続されている外部からの入力信号若しくは他の通信素子200から送信される信号を受信し、更にそれをそのまま、あるいは通信素子200内部で信号処理をして別の電源層44へ送信する。これを繰り返してある地点から別の地点への電気通信が実現される。

【0058】

図20は、図19に示した通信素子200の内部構成を示す。通信素子200は、2つの受信回路241a、241b、2つの送信回路243a、243bおよび制御回路242を備える。受信回路241aおよび送信回路243aは第1電極201aに接続され、受信回路241bおよび送信回路243bは第1電極201bに接続される。制御回路242には、受信回路241a、241bおよび送信回路243a、243bが接続される。このように通信素子200は、分割された電源層44の2つ以上のブロックにそれぞれ接続する2つ以上の第1電極201と、2つ以上の第1電極201にそれぞれ接続する2つ以上の受信回路241および送信回路243とを備える。

【0059】

第1電極201a、201bおよび第2電極202は、上記回路へのエネルギー源としての電源供給と、通信信号の受信経路や送信経路を兼ねている。制御回路242は2つの受信回路241や2つの送信回路243からそれぞれ信号を受信、送信し、或いは回路動作の制御を行っている。2つの受信回路241、2つの送信回路243、制御回路242は、図12に関連して説明したものを利用可能である。

【0060】

以上、実施例をもとに本発明を説明した。なお本発明はこの実施例に限定されることなく、そのさまざまな変形例もまた、本発明の態様として有効である。

【0061】

例えば、MOSFETのバックゲートはソースに接続してもよく、或いはNチャネル型MOSFETの場合はVSS電位に接続してもよい。また、トランジスタについてもMOSFETに限らず、バイポーラートランジスタ、接合FET等の他の既知の素子を用いても構わず、何れの場合でも本発明の本質から外れるものではない。本実施例では導電層16の電位を高電位側、第2信号伝達層30より構成される導電層18の電位を低電位側とした回路構成を示しているが、本発明はこれに限定されるものではなく、構成される電子回路が正常動作する限りにおいて電位関係が逆転される構成であってもよい。また、本実施例で示したスイッチ手段やコンパレータ回路等を含めて、同一機能での拡張実施例は本実施例に限定されるのではなく、本実施例の組み合わせや、本実施例から容易に導出される類似の実施例も含まれる。

【図面の簡単な説明】

【0062】

【図1】 実施例に係る通信技術の方式を説明するための図である。

【図2】 実施例にかかる通信装置100の外観構成を示す図である。

【図3】 通信素子200の機能ブロック図である。

【図4】 通信装置100の断面を示し、局所的通信を実現する通信デバイスの構造の一例を説明するための図である。

【図5】 電荷蓄積型の通信デバイスが信号を発信する原理を説明するための図である。

【図6】 通信装置100における通信原理を説明するための図である。

【図7】 電荷蓄積型の通信デバイスにおける電圧と通信距離の関係を示す図である。

【図8】 通信装置100の断面を示し、局所的な通信を実現する通信デバイスの構造の別の例について説明するための図である。

【図9】 5層構造の通信装置100の構成図である。

【図10】 電流拡散型の通信デバイスが信号を発信する原理を説明するための図である。

【図11】 図8(b)に示す通信装置100の概略構造を三次元的に示す図である。

【図12】 通信素子200の内部構成を示す図である。

【図13】 受信回路241の構成の一例を示す図である。

【図14】 (a)は、各電位の関係を示し、(b)は、対応する受信信号の変化を示す図である。

【図15】 受信回路241の構成の別の例を示す図である。

【図16】 (a)は、制御信号を示し、(b)は、保持出力(EH)とE0の関係を
示し、(c)は、受信信号を示す図である。

【図17】 送信回路の構成例を示す図である。

【図18】 (a)は、制御回路から供給される送信信号を示し、(b)は、第1電極
の電位 V_s を示す図である。

【図19】 通信装置100の別の実施例の構成を示す図である。

【図20】 図19に示した通信素子200の内部構成を示す図である。

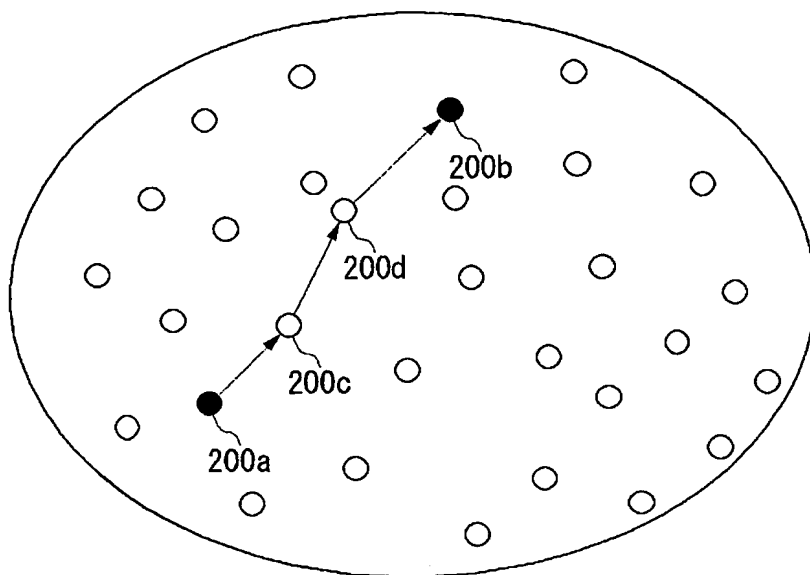
【符号の説明】

【0063】

16、18・・・導電層、20・・・第1信号伝達層、30・・・第2信号伝達層、36
・・・通信層、100・・・通信装置、200・・・通信素子、201・・・第1電極、
202・・・第2電極、203・・・電源、241・・・受信回路、242・・・制御回
路、243・・・送信回路。

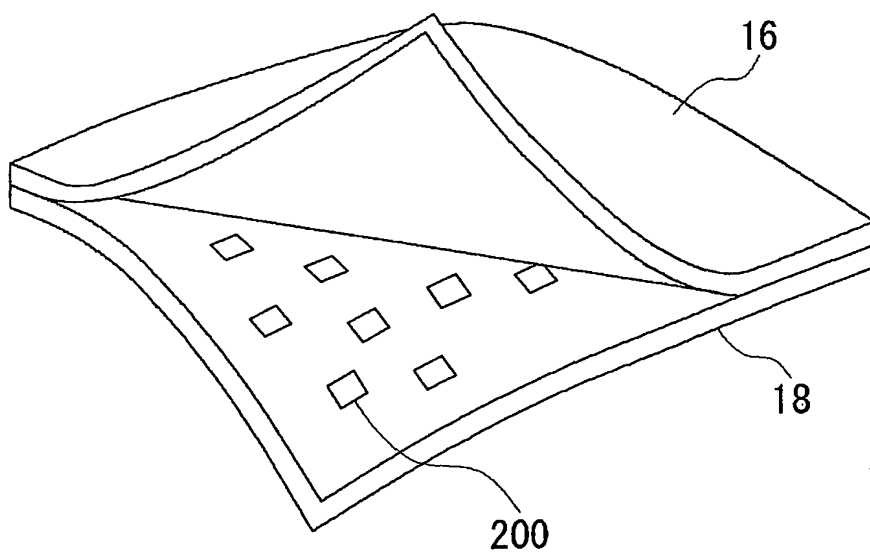
【書類名】 図面

【図 1】

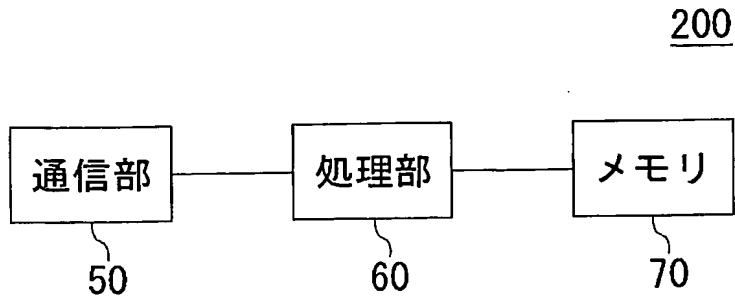


【図 2】

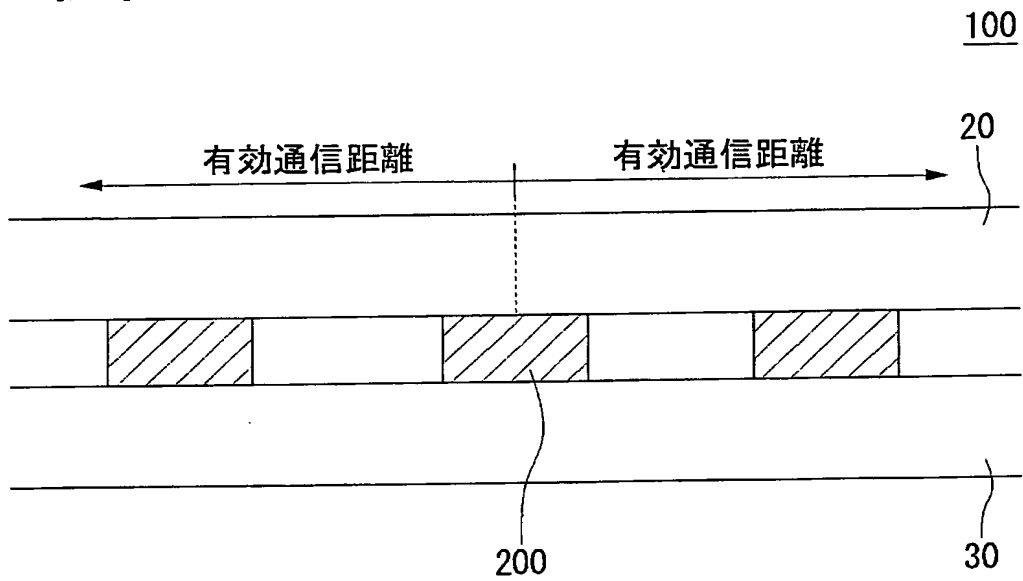
100



【図 3】



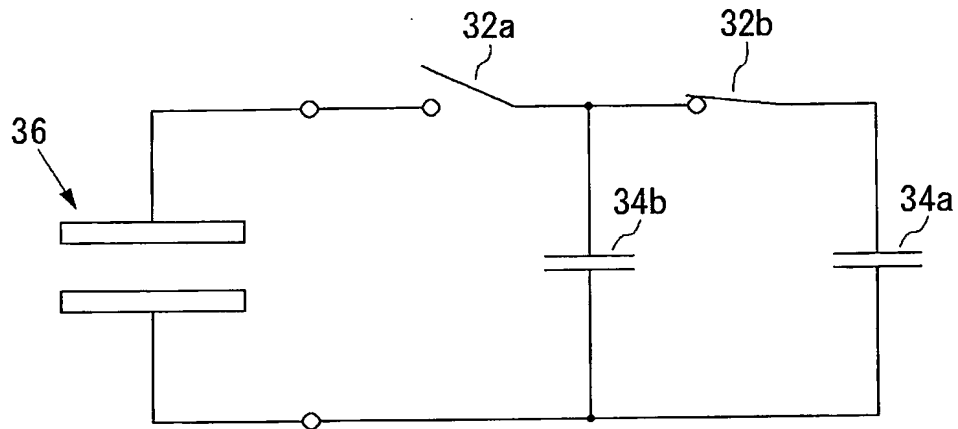
【図 4】



【図 5】

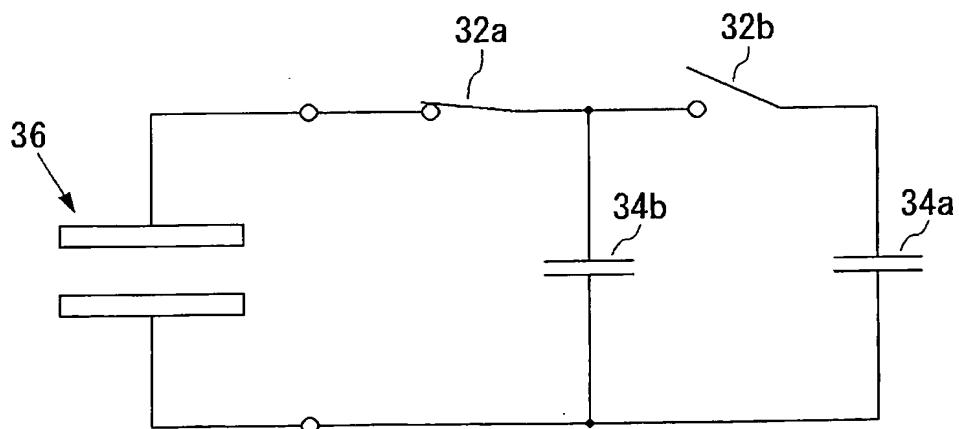
(a)

200

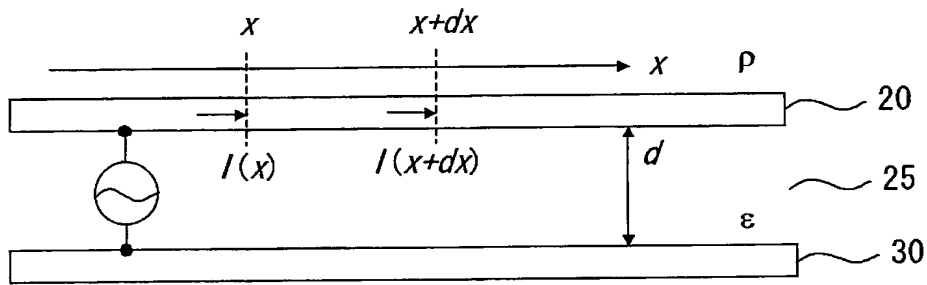


(b)

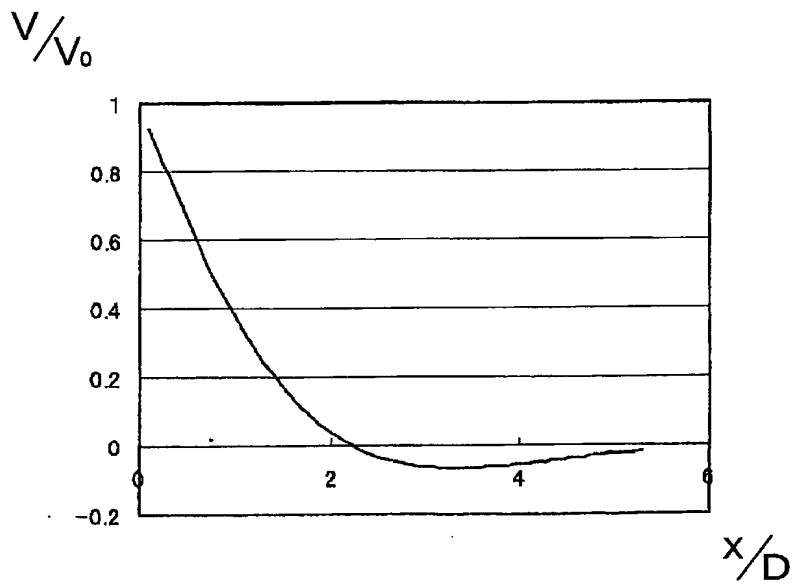
200



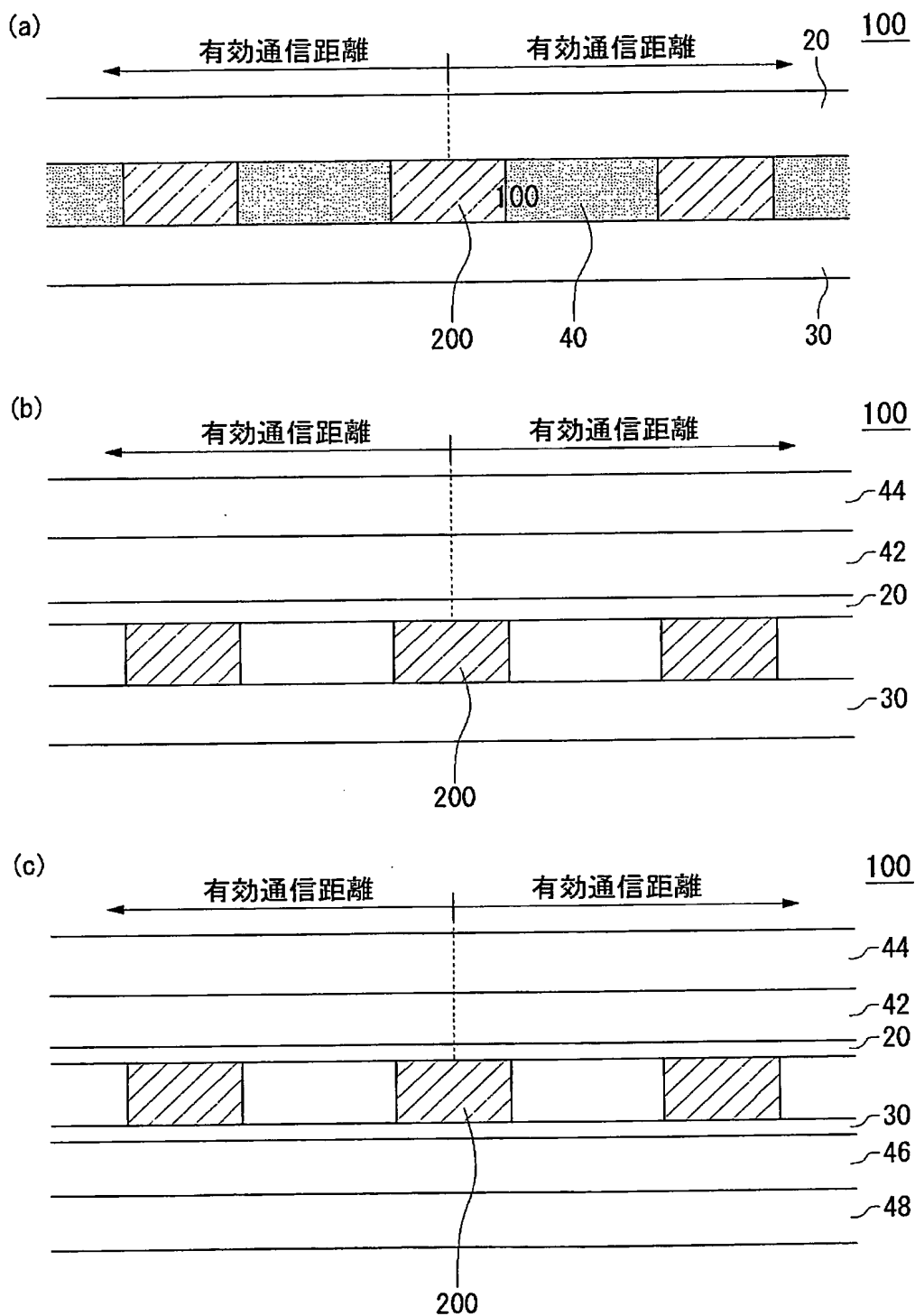
【図 6】



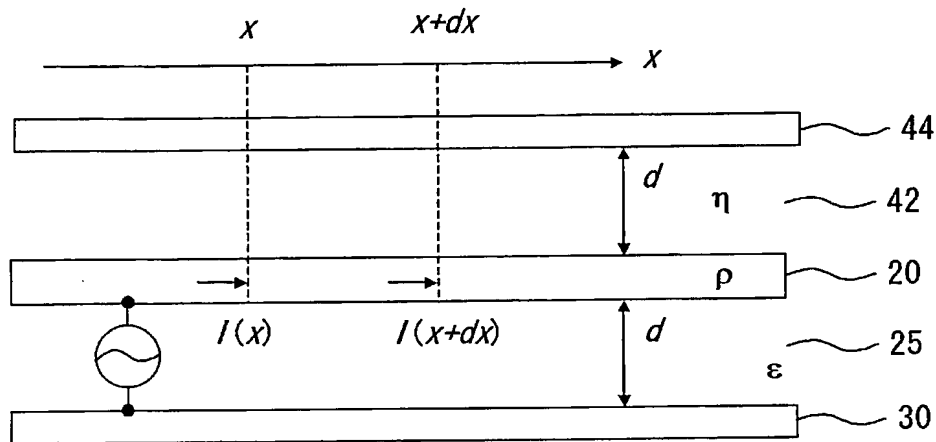
【図 7】



【図 8】

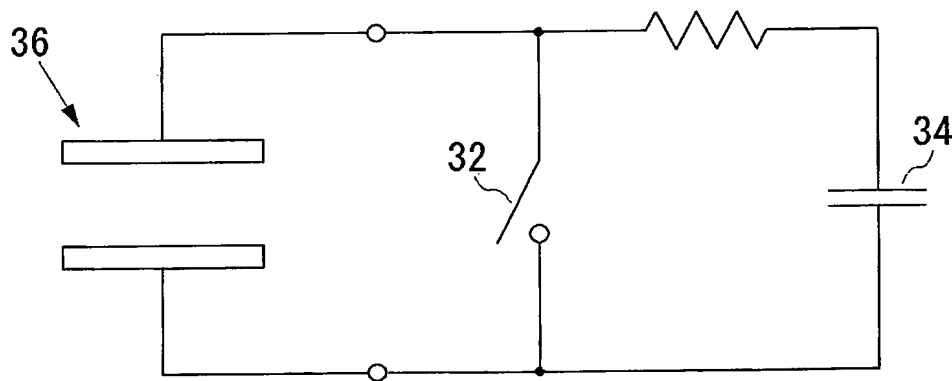


【図 9】



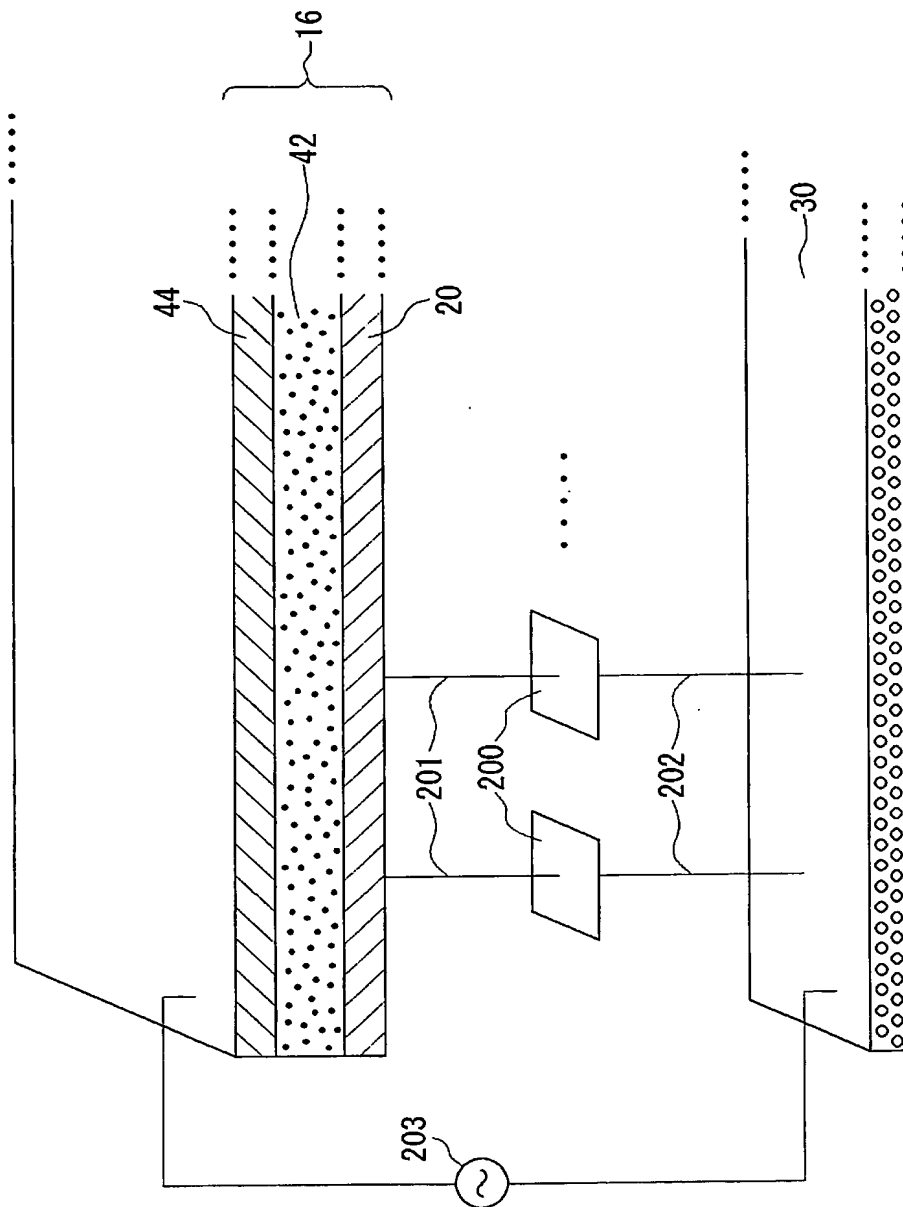
【図 10】

200

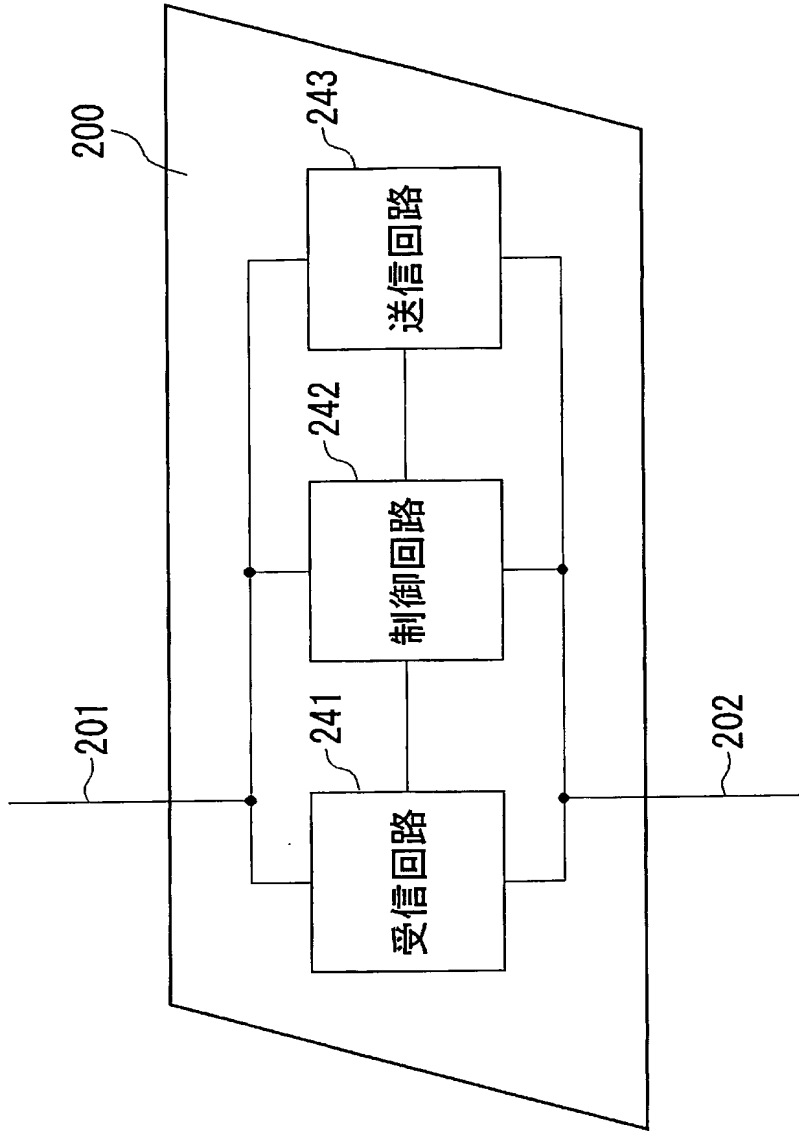


【図 11】

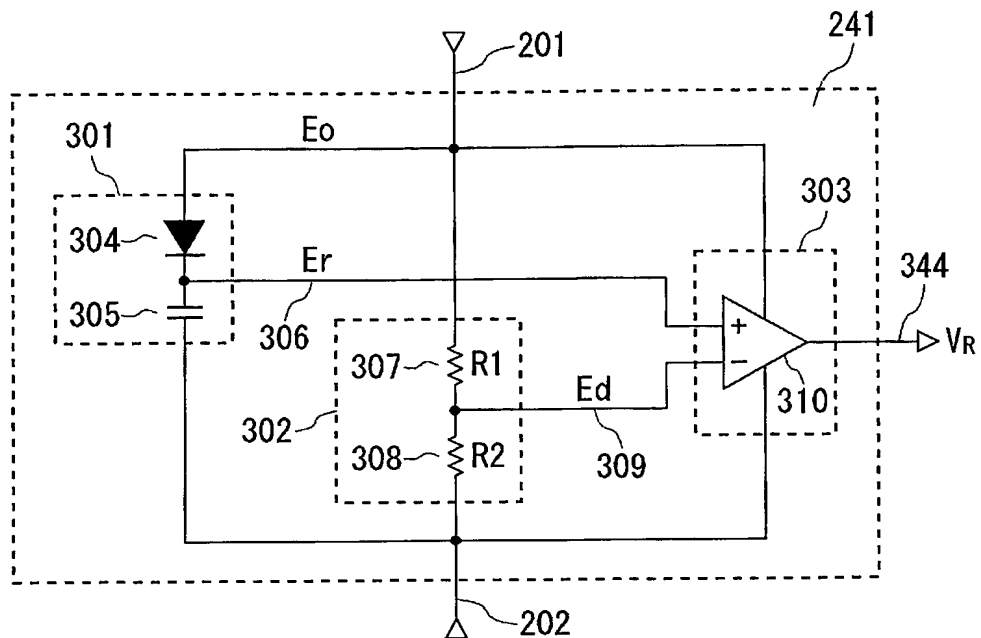
100



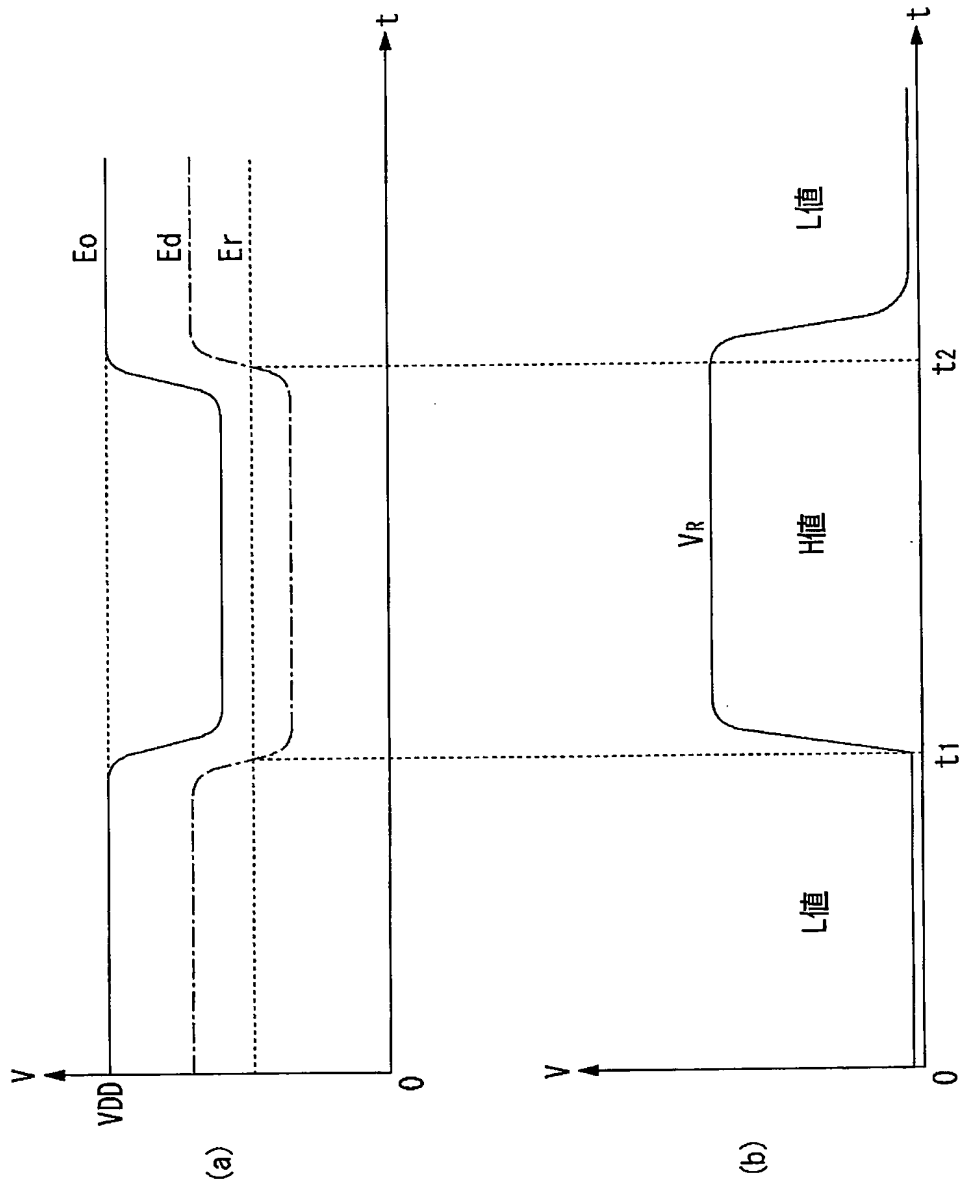
【図 12】



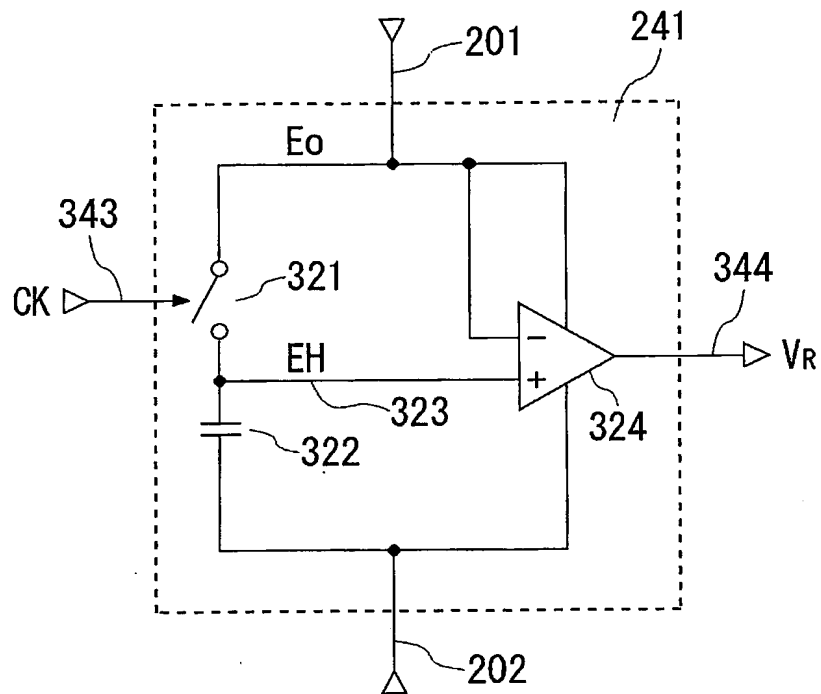
【図13】



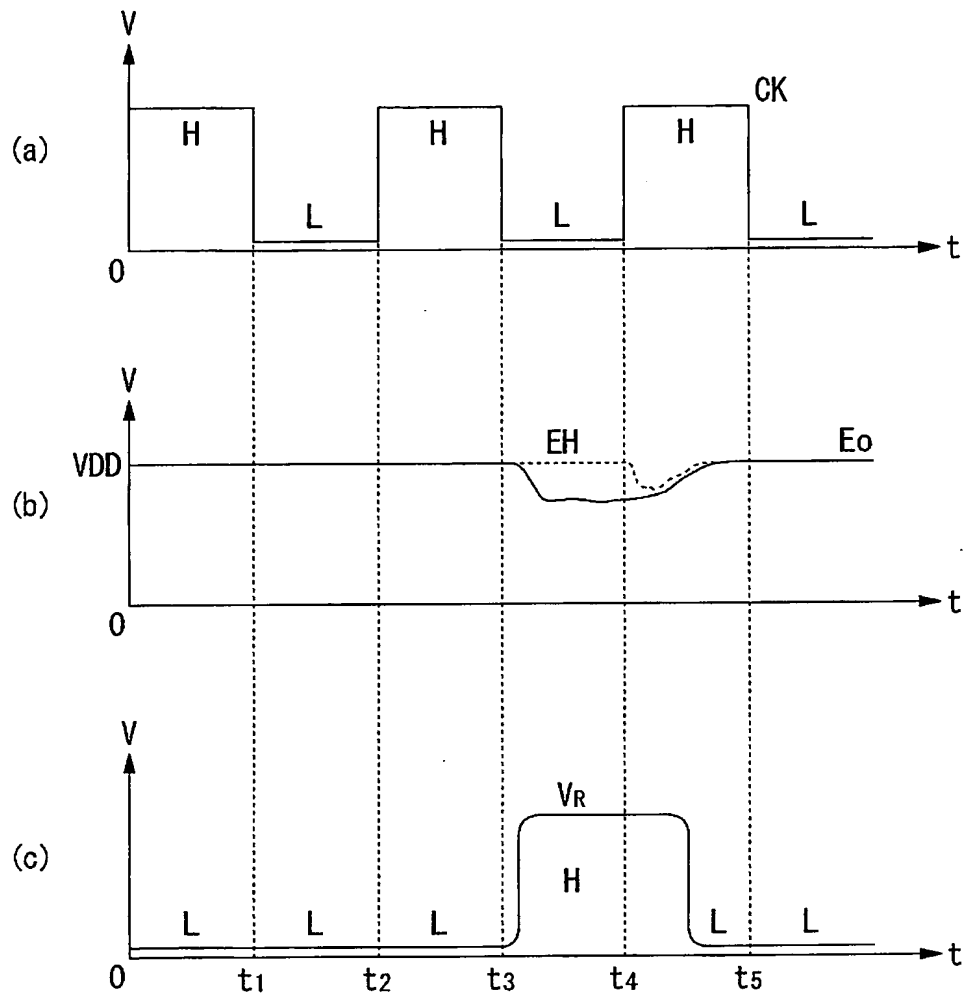
【図 14】



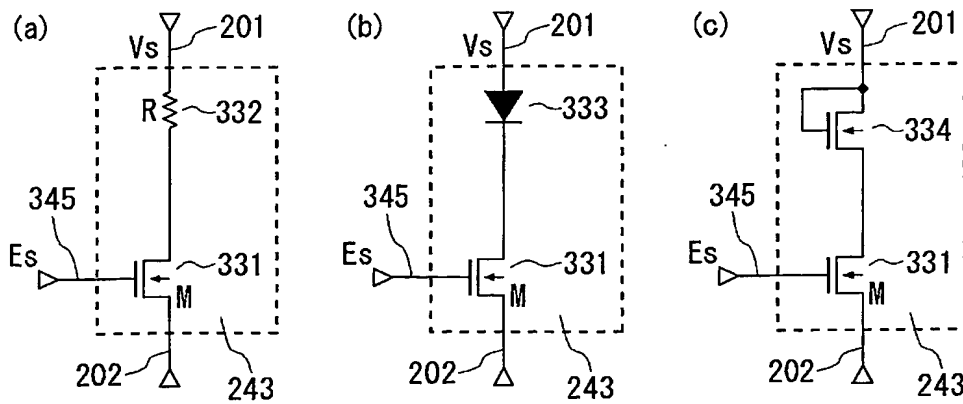
【図 15】



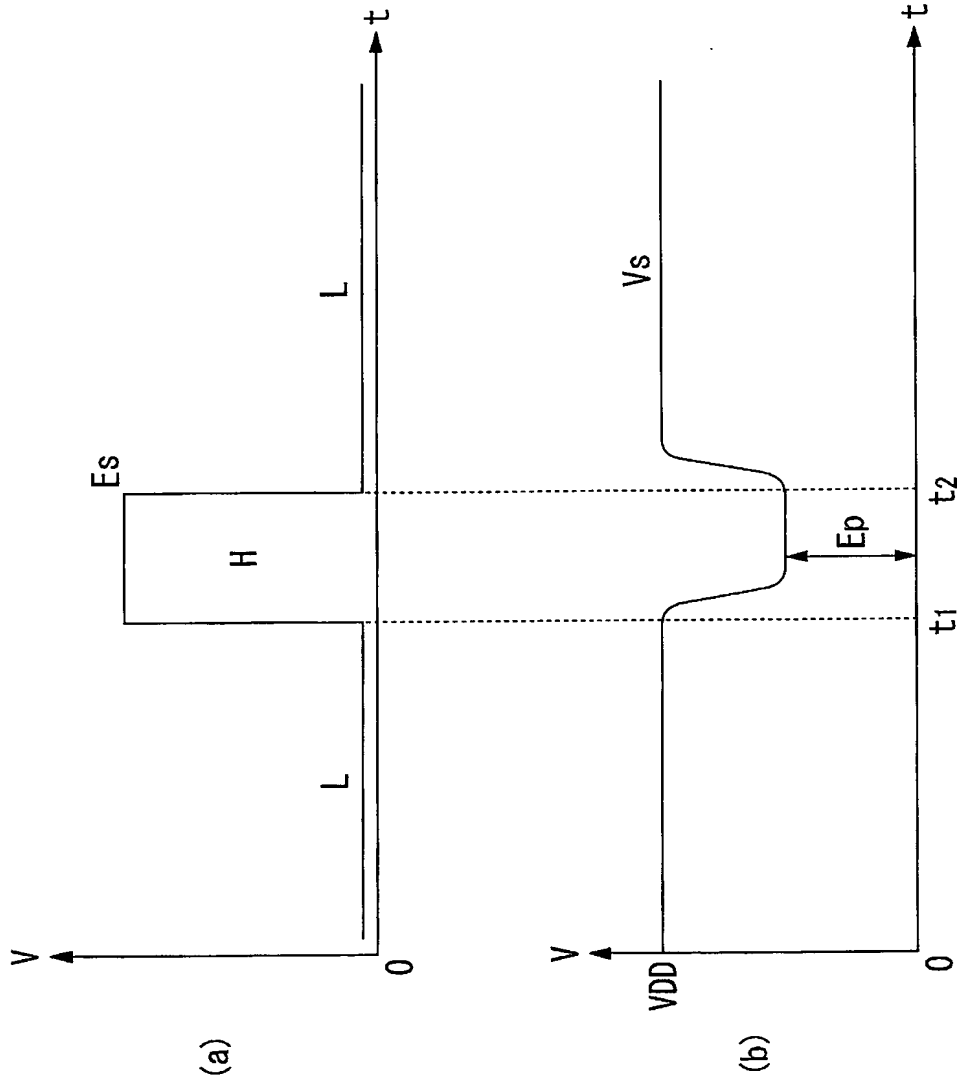
【図 16】



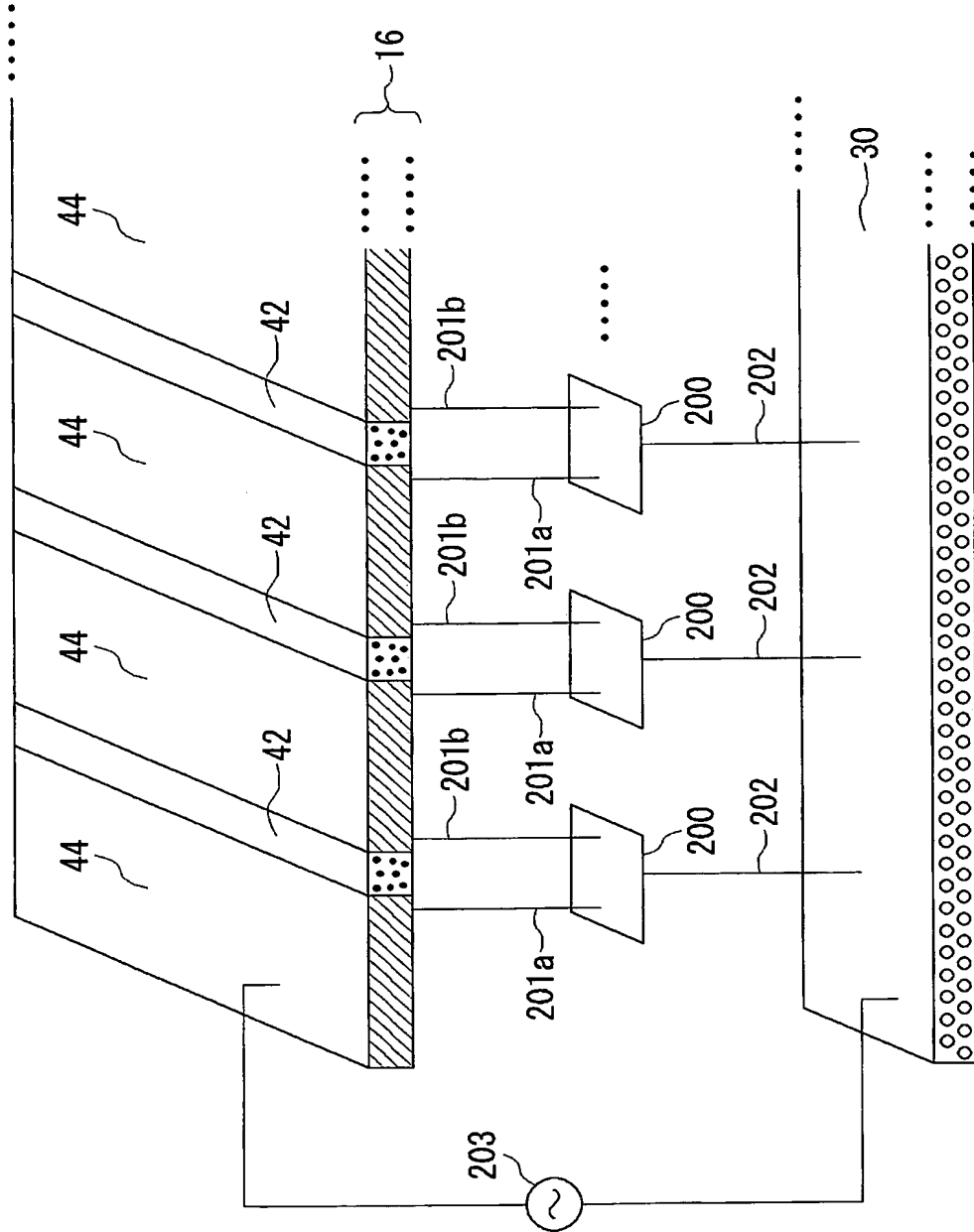
【図 17】



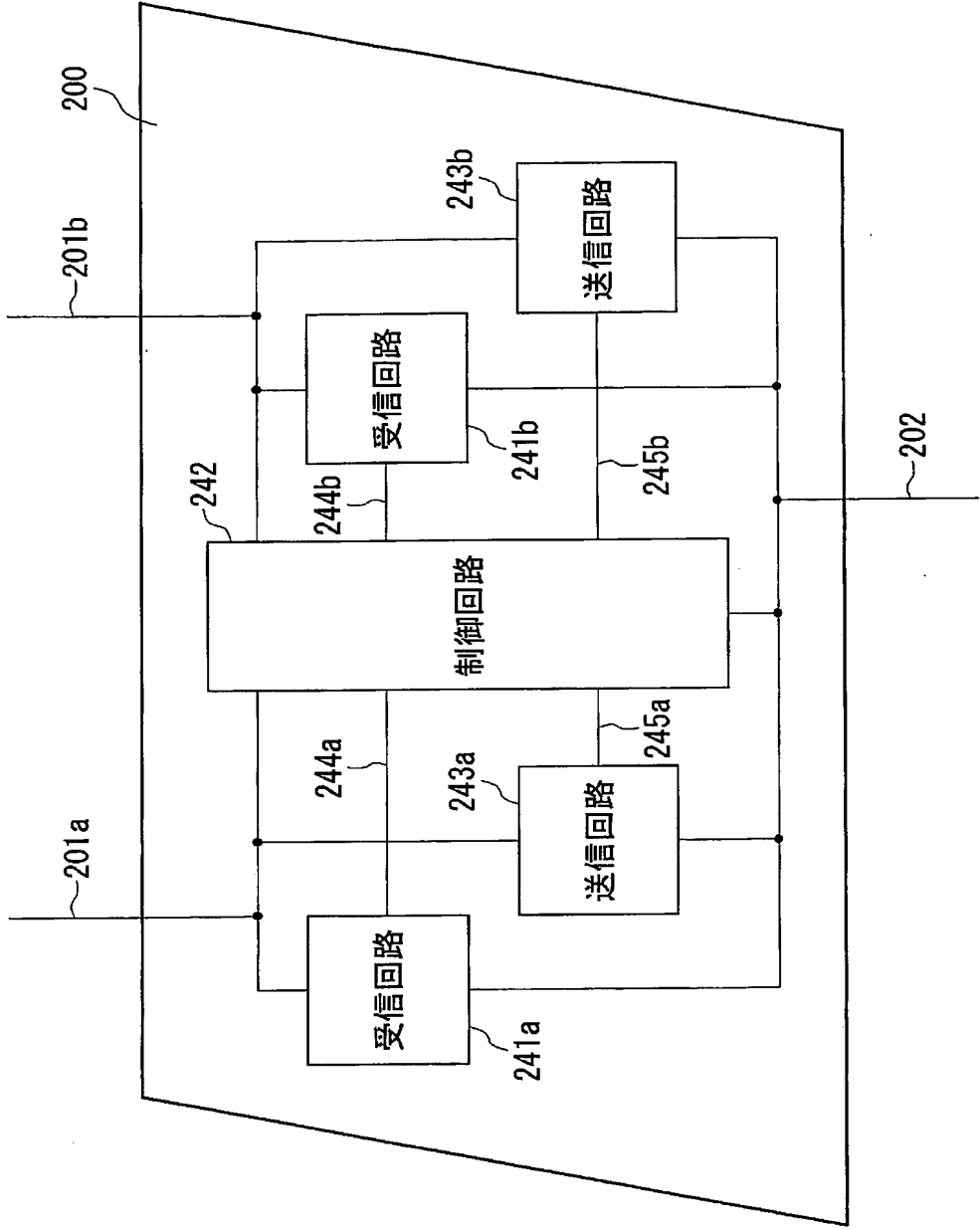
【図 18】



【図19】



【図 20】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 信号の高速伝達を行う通信素子を備えた通信装置を提供する。

【解決手段】 通信素子 200 は、信号を伝達するための第 1 信号伝達層および第 2 信号伝達層に電気的に接続する。各通信素子 200 は、他の通信素子からの信号を受信する受信回路 241 と、他の通信素子に信号を送信する送信回路 243 と、受信回路および送信回路の動作を制御する制御回路 242 と、少なくとも受信回路 241 および送信回路 243 を第 1 信号伝達層に接続する第 1 電極 201 と、少なくとも受信回路 241 および送信回路 243 を第 2 信号伝達層に接続する第 2 電極 202 とを備え、第 1 電極 201 と第 2 電極 202 の間の電気量の変化を利用して、他の通信素子との間で通信を行う。

【選択図】 図 12

特願 2 0 0 3 - 2 8 4 5 6 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[5 0 3 0 5 4 0 9 6]

- | | |
|----------|------------------------|
| 1. 変更年月日 | 2 0 0 3 年 2 月 7 日 |
| [変更理由] | 新規登録 |
| 住 所 | 東京都千代田区六番町 1 0 - 2 |
| 氏 名 | 株式会社セルクロス |
| 2. 変更年月日 | 2 0 0 4 年 6 月 2 5 日 |
| [変更理由] | 住所変更 |
| 住 所 | 東京都墨田区亀沢 4 - 1 4 - 1 6 |
| 氏 名 | 株式会社セルクロス |

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.